

Vol. 20, No. 3 Sept., 2000

华中超高压变质带中榴辉岩的 稀土元素地球化学* *P\$88*·3

黄智龙 刘丛强 肖化云 许 成 李文博

提要 根据 REE 含量及其分配模式,华中超高压变质带中榴辉岩可大体分为六种类型,即 LREE 富集型、LREE 富集 + Eu 正异常型、LREE 富集 + Eu 负异常型、REE 平坦型、MREE(中稀土)富集型和 HREE 富集型,主要为 LREE 富集型和 LREE 富集 + Eu 正异常型,不同地区榴辉岩 REE 类型可进行对比, 不同地区同 REE 类型榴辉岩的 REE 特征相似。原岩恢复结果表明榴辉岩的原岩主要为来源于相对富集地 幔的大陆拉斑玄武岩及其结晶分异产物;LREE 富集型、LREE 富集 + Eu 正异常型、LREE 富集 + Eu 负异常 型榴辉岩原岩之间和 REE 平坦型、MREE 富集型榴辉岩原岩之间具有较好的演化关系,前三者产于大陆环 境,后二者相对靠近大洋环境;同时也可得出榴辉岩原岩的源区地幔具有不均匀性及原岩遭受过地壳物质混 染等结论。

镶词 超高压变质带 储辉岩 稀土地球化学 华中地区

近年来,含柯石英和金刚石的超高压变质岩 相继在世界范围内不同地区、不同时代的造山带 中不断被发现,证明超高压变质作用很可能是一 用^[1]。榴辉岩是超高压变质带最重要、最特征的 组成部分,通过对这类岩石的研究在重朔超高压 变质作用的历史、探讨古陆块之间相互关系的古 构造史、指示地球深部物质的性质和状态等许多 问题都有十分重要的意义^[2]。华中超高压变质 带位于华北地块和扬子地块的接合部位,自从在 该变质带的榴辉岩中发现柯石英^[3~8]和金刚 石^[9]以来,国内外学者对该区榴辉岩进行了大量 的同位素年代学、岩石学、矿物学等方面的研究工 作,以此探讨了变质带的形成及演化过程^[10]。众 所周知,招高压变质岩的原岩是探讨变质带形成 及演化过程的基础,由于原岩在高压条件下形成 超高压变质岩的过程中伴随有化学成分的迁移, 因而在以往的文献中有关超高压变质岩的地球化 学方面的研究相对较少,尤其是利用超高压变质 岩的地球化学资料来探讨其原岩特征方面的研究 更少。稀土元素在超高压变质作用过程中相对稳 定^[11],因而利用超高压变质岩的 REE 地球化学 来探讨原岩特征是较有效的方法。本文收集了目 前已发表的华中超高压变质带中榴辉岩的 REE 资料,总结出该区榴辉岩的 REE 地球化学特征, 重点讨论了这类岩石的原岩特征。

1 地质概况及资料来源

1.1 地质概况

华中超高压变质带西起陕豫鄂交界,向东经 鄂北、豫南、皖西、皖中、苏北直至山东半岛,全长 近2000km,宽一般在50~100km。变质带被郑 庐斯裂分割成两部分,断裂以西变质带呈东西向 延伸,以东近南北向延伸。榴辉岩是该超高压变 质带最重要、最特征的组成部分,目前已在变质带 的西部——湖北的应山、大悟、红安、罗田、英山, 河南的信阳、新县,中部——安微的岳西、太湖、潜 山、霍山和东部——江苏的东海,山东的日照、莒 南、诸城、青岛、威海等地发现榴辉岩。变质带中 的榴辉岩多呈团块状、透镜状、条带状和似层状产 出,大小从几平方厘米至几百平方米,围岩或伴生 岩石主要为片岩、片麻岩、角闪岩、大理岩、麻粒岩 和超基性岩等。

ISSN 1000-4734 2000 年 1 月收稿 2000 年 3 月改回 第一作者简介 黄智龙 男 1967 年生 研究员(博士) 从事 地球化学研究

[·] 国家杰出青年基金項目(批准号:49625304)资助

251

维普资讯 http://www.cqvip.com

1.2 资料来源

本文收集了 94 件超高压榴辉岩样品的 REE 资料,样品包括不同研究者划分的所有榴辉岩岩 石类型,样品分布于变质带中榴辉岩的绝大部分 产地。资料收集过程中将郯庐断裂以西榴辉岩的 产地称为大别山地区,以东榴辉岩的产地称为苏 鲁地区。值得注意的是,现已在各种文献发表了 华中超高压变质带中榴辉岩的 REE 分析资料近 200 个,由于有些 REE 资料的分析误差较大、分 析项目太少或样品特征不明,本文未予采用。表 1 列出华中超高压变质带大别山地区和苏鲁地区 榴辉岩 REE 资料的统计结果,图1 为两地区榴辉 岩的 REE 分配模式。

2 稀土含量及分配模式

2.1 大别山地区的榴辉岩

从表1和图1中可见,大别山地区的榴辉岩 按 REE 特征可划分为以下6种主要类型。

① LREE 富集型:该区榴辉岩主要的 REE 类型,约占统计样品的 27%。这种类型的榴辉岩 分布于绝大部分统计样点。其特征是 REE 含量 范围宽, Σ REE(不包括 Y,除特别注明外,下同) 在 45.57×10⁻⁶~190.58×10⁻⁶,分配模式为右 倾的 LREE 富集型(图 1A),(La/Yb)_N 为 1.85~ 5.74, \deltaEu 为 0.95~1.04、 \deltaCe 主要在 0.92~1.08 之间(2 件例外的样品 δ Ce 分别为 0.74 和 1.44)。

② LREE 富集 + Eu 正异常型:大别山地区 最主要的榴辉岩类型,约占统计样品的41%,在 大部分统计样点都有这种类型的榴辉岩出露。该 类榴辉岩的 REE 含量范围也较宽,但总体略低于 LREE 富集型榴辉岩,其 Σ REE 为 10.83×10⁻⁶ ~134.51×10⁻⁶,分配模式也为右倾的 LREE 富 集型(图 1B),(La/Yb)_N 为 2.30~13.68,该类榴 辉岩的最大特征是分配模式出现较明显的 Eu 正 异常, dEu 为 1.07~1.81,大部分样品出现 Ce 弱 负异常, dCe 主要集中 0.92 附近(1 件样品的 dCe 为 1.50 例外)。

③ REE 富集 + Eu 负异常型:在大别山地区 统计的 63 件榴辉岩中有 8 件样品属这种类型,出 露于湖北罗田、英山和安徽太湖、潜山、岳西等榴 辉岩产区。该类榴辉岩的 REE 含量相对稳定,总 体高于 LREE 富集榴辉岩,其 Σ REE 为 66.73 × 10⁻⁶~220.34 × 10⁻⁶,分配模式也为右倾的 LREE 富集型(图 1C),(La/Yb)_N 为 2.50~6. 82,该类榴辉岩的最大特征是分配模式出现较明 显的 Eu 负异常, δ Eu 为 0.77~0.94, δ Ce 范围较 宽,在 0.53~1.21 之间。

④ REE 平坦型:在大别山地区统计的 63 件 榴辉岩中有 7 件样品属这种类型,样品源于湖北 的吕王、华河、张家湾和安徽的石马等榴辉岩产 区。这类榴辉岩的 Σ REE 为 17.79×10⁻⁶~56. 80×10⁻⁶,分配模式为略右倾的 REE 平坦型(图 1C),(La/Yb)_N 为 0.95~2.69,无明显 Eu 和 Ce 异常, δ Eu 为 0.97~1.10, δ Ce 为 0.81~1.09。

⑤ MREE(中稀土)富集型:这种类型的榴辉 岩在大别山地区较少出露,在统计的 64 件榴辉岩 中只有 2 件样品属这种类型,样品分别源于湖北 的杨家畈和樊家湾榴辉岩产区。该类榴辉岩的 REE 含量较低,两件样品的∑REE 分别为 12.85 ×10⁻⁶和 15.61 × 10⁻⁶。分配模式为 MREE 富 集型(图 1D),两件样品的(La/Yb)_N 分别为 1.96 和 2.78。

⑥ HREE 富集型:这种类型的榴辉岩在大别 山地区也较少出露,在统计的 64 件榴辉岩中只有 3 件样品属这种类型,样品分别源于湖北的杨家 畈、万岁坪和安微的牌楼榴辉岩产区。这类榴辉 岩的 ∑ REE 较低,为 11.64 × 10⁻⁶ ~ 31.30 × 10⁻⁶,分配模式为 HREE 富集型(图 1F),(La/ Yb)_N:0.20~0.52。

2.2 苏鲁地区的榴辉岩

已发表的苏鲁地区超高压榴辉岩 REE 资料 大部分分析项目不全,但从图 1 中也可看出该区 榴辉岩的 REE 特征可大体划分出 5 种类型。

① LREE 富集型:该区榴辉岩最主要的 REE 类型,约占统计样品的 44%,这种类型的榴辉岩 分布于苏鲁地区所有统计样点。REE 分配模式 为右倾的 LREE 富集型(图 1G),(La/Yb)_N 为 5. 52~25.88,不具明显的 Eu 和 Ce 异常。

② LREE 富集 + Eu 正异常型:约占该区统 计样品的 20%,大部分统计样点都有这种类型的 超高压榴辉岩出露。REE 分配模式也为右倾的 LREE 富集型(图 1H),(La/Yb)_N为 2.61~20. 62,具明显的 Eu 正异常。

1 1

ĩ



图 1 华中榴辉岩稀土分配模式(球粒陨石据文献[12])

Fig. 1. The REE patterns of eclogites from UHPM-b in central China (Chondrite after Ref[12]). A~F分别为大别山地区 LREE 富集型、LREE 富集型+Eu 正异常型、LREE 富集型+Eu 负异常型、REE 平坦型、MREE 富 集型和 HREE 富集型榴辉岩;G~K 分别为苏鲁地区 LREE 富集型、LREE 富集型+Eu 正异常型、REE 平坦型、MREE 富 集型和 HREE 富集型榴辉岩;L 为华中地区特殊 REE 类型榴辉岩,其中 1 据文献[13],2 据文献[14],3 据刘晓春^①;图中两 折线之间为 REE 范围,实心圆点线为平均 REE 模式,实心方块线为单个样品 REE 模式

2000 年

① 刘晓春. 大别-苏鲁地区含柯石英榴辉岩与围岩变质作用关系及有关金矿化研究,中国科学院地球化学研究所博士后出站报告. 1995.

253

Table 1. The statistical results of REE data on eclogates from the UHPM-b in central China													
	配正类型	REE类型 LREE富集型		LREE 富集+Eu 正异常型		LREE 富集+Eu 负异常型		REE平坦型		MREE(中稀土)富集型		HREE 富集型	
	统计样品数	计样品数 17		26		8		7		2		3	
	敗值特征	意图	平均值	范围	平坳值	載图	平坳植	范문	平坳	范围	₹坳	乱 圕	平均值
	La	6.05~26.90	13.37	1.26~22.40	8.28	11.15~33.40	19.98	1.91~7.72	4.64	L.10~L.39	1.25	0.46~2.07	1.05
	Ce	11.58~62.15	31.60	2.61~46.66	18.34	18.20~78.20	43 49	4.33~15.69	10.80	3.21~3.65	3.43	1.26~58	2.83
	Pr	2.13~7.59	4.06	0.51~6.68	2.45	3.00~[].40	5.68	0.76~2.02	1.59	0.54~0.63	0.59	0.20~0.86	0.43
	Nd	10.68~38.92	20.84	1.69~29.27	12.00	12.70~50.20	26.32	3.66~11.30	786	2.58~3.56	3.07	I. 11~4.85	2.39
t	Sa	2.05~9.83	5.46	0.70~6.51	2.98	3.08~12.80	6.34	1 19~3 42	238	0 92~1.25	109	0.52~1.95	1.05
	Eu	0.95~3.32	1.91	0.37~4.39	1.27	0.85~3.00	1.80	0.45~1.20	0.89	0.40~0.58	0.49	0.34~0.72	0.48
	Gd	3.72~10.95	6.19	0.73~8.42	3.20	2.94~10.60	6.55	1 47~4]3	3.12	1.15~1.40	1.28	L 42~2.90	1.92
Ð,	Ть	0.52~1.87	1.03	0.12~1.19	0.52	0 49~1.62	1.04	0.25~0.76	0.59	0.19~0.24	0.22	0.28~0.61	0.43
	Dy	2.77~11.44	б.41	0.70~7.19	2.98	2 72~10.57	6.11	1.64~5.48	3.97	I IS~1.33	1.24	2.05~4.09	3.08
	Ho	0.63~2.39	1.32	0.15~1.37	0,59	0.62~2.32	1.28	0.31~1.15	0.81	0.23~0.26	0.25	0.44~1.00	0.72
Щ	Er	1.48~6.94	3.74	0.28~3.49	1.59	1.90~7.34	3.83	0.88~3.3I	2.34	0.64~0.65	0.65	1.28~2.84	2.10
	Tm	0.30~1.06	0.58	0.06~0.55	0.24	0.33~0.97	0.57	0.13~0 .5 0	0.36	0.09~0.09	0.09	0,20~0,43	0.32
	ΥЬ	1.65~6.70	3.53	0.34~3.34	1.38	1.63~5.50	3.17	0.71~3.07	2.14	0.50~0.56	0.53	1.24~2.69	2.06
嵬	1a	0.25~1.02	0.54	0.05~0.51	0.21	0 26~ 0 .87	0.49	0 .10~0.48	0.32	0.08~0.09	0.09	0. 20~0.4 9	0.35
	∑REE	45.57~190.58	100.55	10.83~134.51	\$6.02	66.73~220.34	126.67	17.79~56.60	41.83	12.85~15.61	14.23	11.61~31.3	19.19
	LREE	33.81~148.63	77,23	7.41~109.50	45.31	55.83~189.00	103.61	12.3~38.78	28.17	8.75~11.06	9.91	3.09-16.25	8.22
Z	HREE	11 76~41.95	23.32	2.55~25.01	10,71	10.90~38.12	23.05	5.49-18.45	13.66	4.10~4.55	4.33	7.12~15.05	10.97
	LREE/HREE	2.53~6.22	3.4]	2.17~7.22	4.14	3 24~6.03	4.51	1.84~2.46	2.07	2.13~2.13	2.28	0.36~1.08	0.69
	ðEu	0.95~1.04	1.00	1.07~1.81	1.28	0.77~0.94	0.86	0.97~1.10	1.01	1.19~1.34	1.27	0.92~1.15	1.07
	ðCe	0.74~3.44	1.03	0.67~1.50	0.98	0.53~1.21	0.96	0.81~1.09	0.95	0.94~1.00	0.97	0.91~1.05	0.99
(Eu/Sm	0.30~0.45	0, 35	0.34~0.67	0,44	0.23~ 0 .33	0.29	0.35~04]	0.38	0.43~0.46	0.45	0 .37~0.65	0.53
	(Lu∕Sm) _N	1.20~2.68	1.55	1.02~2.61	1.70	1.56~3.64	2.16	0.83~1.88	1.21	0. 70~0.7 5	0.73	0.56~0.67	0.60
	(Gd/Yb) _N	1.24~2.71	2.01	1.13~9.22	3.26	1.31~2.62	1.69	1.00~1.81	1.44	1.32~1.87	1.60	0.]4~0.87	0.45
	([⊿⁄¥b) _N	1.B5~5.74	3.36	2.30~13.68	5.26	2.50~6.82	4.58	0.95~2.69	2.03].96~2.78	2.37	0.20~0.52	040
	REL类型	REE 类型, LREE 高集型 统计样品数 13		LREE 富集+Eu正异管型 6				REE平坦型		MREE(中稀土)富集型		HREE盲集型	
	统计样品数								' 3		7		2
	教領特征	范围	聈	范围	₹猶			苞 圕	平均值	花園	平均值	鼁圕	平均值
	la	64.50~9.20	26.26	12.54~0.83	6.48			4.60~3.86	4.21	2.73~0.80	1.65	1.25~1.15	1.20
<u>۸</u>	Ge	111.00~16.80	52.01	22.00~1.40	12.32			11 Di ~9 96	10.35	8.24~1.20	4.50	3.20~2.90	3.05
	N	55.50~7.20	27.54	11.60~0.78	6.65			8.29~5.88	6.76	8.25~1.00	3.47	2.40~1.60	2.00
â	Sm	11.90~1.70	5.99	3.30~0.20	1,60			4. 42 - 1. 75	2.90	2.33~0.39	1.40	0.82~0.49	0.66
	Ea	3.72~0.64	1.87	1.83~0.17	0.88			1.1]~ 0.7 0	0.90	1.60~0.47	0.82	0.39~0.22	0.31
堆	Ъ	1.27~0.33	0.80	0.66~0.03	0.33	ĺ		0.53~0.32	0.46	0.73~0.25	0,40	0.32~0.28	0.30
	УЪ	3.83~0.96	1.91	1.70~0.10	0.82			2.16~1.50	1.87	1.50~0.40	0.75	1.80~ 1.07	1.44
X	Ĺu	0.61~ 0.16	0.30	0.36~0.01	0.15			0.27~0.27	0.27	0.27~0.08	0.12	0.25~0.15	0.20
	Eu/Sm	0.38~0.21	0.32	0.85~0.4)	0.57			0.40~0.25	0.33	0.62~0.39	0.45	0.48 ~ 0.45	0.46
	(Le/Sm) _e	4.64~].6]	2.79	5.37~1.37	2.5]			1.39~0.59	1.04	2.33~0.39	0.77	L.60~0.88	1,24
	(La/Yb)_	25.88~5.52	9.51	20.62~2.61	6.85		ł	1.73~1.30	1.54	3.23~0.93	1.55	0.79~0.43	0.61

表1 华中榴辉岩稀土地球化学统计结果(×10⁻⁶)

注:苏鲁地区翡辉岩所发表的 REE 资料多数为中子活化分析,因而只统计了部分元素的含量及部分参数。

③ REE 平坦型:这种 REE 类型的榴辉岩在 苏鲁地区出露较少,统计的 31 件榴辉岩中只有 3 件样品属这种类型,分别源于江苏青龙山、碱厂和 山东大疃榴辉岩产区。REE 分配模式近于平坦 (图 1I),(La/Yb)_N:1.37~1.73,有1件样品出现 较明显的 Ce 负异常。

④ MREE 富集型:约占该区统计样品的 22%,大部分统计样点都有这种类型的超高压榴 辉岩出露。REE 分配模式为 MREE 富集型(图 1J),(La/Yb)_N为0.93~3.23。

⑤ HREE 富集型:这种 REE 类型的榴辉岩

在苏鲁地区出露较少,统计的 31 件榴辉岩中只有 2 件样品属这种类型,样品来自江苏蔡湖榴辉岩 产区。REE 分配模式为 HREE 富集型(图 1K), (La/Yb)_N 为 0.43~0.79。

2.3 华中榴辉岩的 REE 特征

通过以上分析可以看出,华中超高压变质带 中榴辉岩的稀土地球化学具有以下主要特征。

① 榴辉岩的 REE 类型多种多样。从表1中可见,大别山地区榴辉岩常见的 REE 类型有6种,苏鲁地区榴辉岩常见的 REE 类型有5种。此

2000年

外,两地区均出露少量具特殊 REE 类型的榴辉 岩,如张勇等^[13]在大别山地区获 1 件榴辉岩为 MREE 亏损型,分配模式出现 Sm 强烈亏损(图 1L);在张泽明^[14]报道的大别山地区榴辉岩 REE 资料中,有 1 件样品为 Ce 强烈亏损(图 1L);刘晓 春⁰还在大别山地区获 1 件 La 强烈富集的榴辉 岩(图 1L)。

② 主要 REE 类型相对集中。虽然华中超高 臣变质带中 榴辉岩的 REE 类型繁多、但主要 REE 类型相对集中,如大别山地区榴辉岩主要为 LREE 富集型和 LREE 富集 + Eu 正异常型(二种 类型榴辉岩约占统计样品的 68%),其次为 LREE 富集 + Eu 负异常型和 REE 平坦型(二种类型榴 辉岩约占统计样品的 24%),其它 REE 类型的榴 辉岩较少(约占统计样品的 8%);苏鲁地区榴辉 岩主要为 LREE 富集型、LREE 富集 + Eu 正异常 型和 MREE 富集型(三种类型榴辉岩约占统计样 品的 84%),其它 REE 类型的榴辉岩较少(约占 统计样品的 16%)。

③ 不同地区榴辉岩 REE 类型可进行对比。 从表1中可见,除 LREE 富集 + Eu 负异常型榴辉 岩外,大别山地区 6 种 REE 类型的榴辉岩有 5 种 与苏鲁地区的榴辉岩对应。值得注意的是,由于 苏鲁地区榴辉岩 REE 资料分析不全,无法计算 δEu 值,因而没有统计出 LREE 富集 + Eu 负异常 型榴辉岩,这并不排除该区同样存在这种类型的 榴辉岩。换句话说,除个别具特殊类型的榴辉岩 外,出露于大别山地区与苏鲁地区的榴辉岩的 REE 类型基本上是一一对应的。

④ 同 REE 类型榴辉岩的 REE 特征相似。 从 REE 含量范围(表 1)和 REE 分配模式(图 1) 可见,大别山地区和苏鲁地区同 REE 类型榴辉岩 的 REE 含量范围重迭,分配模式相似。



图 2 华中超高压变质带中榴辉岩的 La/Yb-∑REE 图(据文献[17])

Fig. 2. La/Yb-∑REE diagram of eclogites from UHPM-b in central China (after Ref[17]). 苏鲁地区榴辉岩 REE 数据不全,主要以大别山地区榴辉岩 REE 数据投图;实曲线范围为 LREE 富集型榴辉岩,点 曲线范围为 LREE 富集 + Eu 正异常型榴辉岩,点区为 LREE 富集 + Eu 负异常型榴辉岩,斜线区为 REE 平坦型榴 辉岩,空心方块为 MREE 富集型榴辉岩,空心圆为 HREE 富集型榴辉岩,实心圆为苏鲁地区 REE 强烈富集型榴辉 岩;1. 玄武岩区域;1-1.大洋拉斑玄武岩 1-2.大陆拉斑玄武岩 1-3.碱性玄武岩 2.钙质泥质沉积岩 3. 花岗岩区域 4.金伯利岩 5.碳酸岩

① 刘晓春. 大别-苏鲁地区含柯石英榴辉岩与围岩变质作用关系及有关金矿化研究. 中国科学院地球化学研究所博士后出站报告. 1995.

255

维普资讯 http://www.cqvip.com

3 讨论

超高压变质过程中 REE 的活动规律是讨论 榴辉岩原岩性质及形成构造环境的关键。目前对 榴辉岩形成过程中 REE 是否发生迁移存在不同 认识。Shatsky 等^[15]对 REE 在高压变质作用过 程中的行为进行详细研究后指出,REE 在榴辉岩 形成过程中不具活动性:Cotkin^[16]研究挪威榴辉 岩过程中也认为榴辉岩形成过程中 REE 相对稳 定;王中刚等[11]例举了大量事实说明,至少在低 于角闪岩相的变质作用过程中,REE不发生(明显 的)迁移,如果没有后期(热液)蚀变作用,可以用 REE 来恢复或判别原岩性质。从图 2 中可见,华中 超高压变质带中绝大部分榴辉岩分布于大陆拉赛 玄武岩区,其原岩可能主要为大陆拉斑玄武岩及其 结晶分异的岩石,为相对富集地幔部分熔融的产 物。结合区内榴辉岩的地质产状、REE 含量(表1) 和 REE 分配模式(图 1)还可看出以下特征。

① LREE 富集型、LREE 富集 + Eu 正异常型 和 LREE 富集 + Eu 负异常型榴辉岩的 REE 分配 模式为相似的 LREE 富集型,其主要差别除是否 出现 Eu 正、负异常外,还表现在 LREE 富集型榴 辉岩的 REE 含量总体高于 LREE 富集 + Eu 正异 常型榴辉岩、低于 LREE 富集 + Eu 页异常型榴辉 岩,说明这三类榴辉岩的原岩之间具较好的演化 关系,即 LREE 富集 + Eu 正异常型和 LREE 富集 + Eu 负异常型榴辉岩的原岩分别是 LREE 富集 型榴辉岩原岩岩浆的堆积岩(成分相当于辉长岩) 和残留岩浆。同样可说明 MREE 富集型榴辉岩 的原岩为 REE 平坦型榴辉岩原岩岩浆的堆积岩 (成分相当于辉长岩)。HREE 富集型榴辉岩的原 岩可能为 LREE 富集型和 REE 平坦型榴辉岩岩 浆的堆积岩,成分相当于辉石岩。 ② 不同地区同类型榴辉岩的 REE 含量变化 较大,反映其原岩的源区地幔不均匀性。LREE 富集型(包括 LREE 富集 + Eu 正异常型和 LREE 富集 + Eu 负异常型)榴辉岩与 REE 平坦型(包括 MREE 富集型)榴辉岩之间的 REE 含量和分配 模式有明显的差别,表明两者的原岩具有不同的 产出构造环境,前者为大陆环境,后者则更靠近大 洋环境。

③ LREE 富集型榴辉岩中有少量岩石的 REE 相当富集,如王式洸等^[18]报道了 2 件采自 苏北芝麻坊的榴辉岩的 REE 特征为 LREE 强富 集型,其∑REE(8 个元素)高达 415.72×10⁻⁶、 (La/Yb)_N>200、(La/Sm)_N 在 11~22。这种榴 辉岩的分配模式与金伯利岩相似,在图 2 中落入 金伯利岩区附近,其原岩是否为这种岩石有待深 入研究,从构造环境看,华中地区有出现这种岩石 的可能性;刘国惠^[19]就认为,华中榴辉岩的原岩 为金伯利岩及其结晶分异的产物。

④ 区内榴辉岩的原岩可能遭受不同程度的 混染,REE 富集型榴辉岩的原岩就有学者认为是 玄武岩岩浆地幔混染的产物,Sr、Nd、H、O 同位素 组成^[20~22]支持这种观点,张泽明^[14]报道了一件 强 Ce 负异常的样品(图 1L),认为是原岩遭受海 水混染的结果,在图 2 中有部分样品落入钙质泥 质沉积岩与玄武岩的交界附近也可能是地壳物质 混染的结果,当然落入钙质泥质沉积岩中的榴辉 岩的原岩不排除是沉积岩,刘晓春^①获一件具异 常 REE 分配模式的榴辉岩(图 1L)就认为其原岩 是钙质泥岩。

致谢:本文参考了许多国内外学者发表的有关华中超高 压变质带的研究文献,由于篇幅所限无法一一例出,在此 表示谢意。

参考文献

1 刘晓春,曲 玮、变质地质学新领域一届高压变质作用与地球动力学。地球科学进展, 1995、(2):148~153

2 王清晨,从柏林. 大别山超高压变质岩的地球动力学意义. 中国科学(D), 1996, 26(3):271~276

4 Wang X M, Liou J G. Coesite-bearing eclogites from the Dabie mountains in Central China. Geology, 1989, 17:1085~1088

6 Wang X, Liou J G, Marugama S. Coesite-bearing eclogites from the Dabie Mountains, central China: Petrology and P-T path. J. Geol., 1993, 100:231~250

³ Okay A I, Xu S T and Sengor A M C. Coesite from the Dabie Shan eclogites, central China. Eur. J. Mineral, 1989, (1):595~598

⁵ 王晓燕.豫南地区含柯石英榴辉岩的发现.岩石学报,1993、9(2):181~185

① 刘晓春,大别-苏鲁地区含柯石英榴辉岩与围岩变质作用关系及有关金矿化研究,中国科学院地球化学研究所博士后出站报告. 1995.

2000 年

7 张儒媛,列忠光,王小民,等.中国中部河南省榴辉岩中柯石英的发现及其构造意义.岩石学报, 1993, 9(2):186~191

- 8 叶 凯,平岛崇男,石渍明,等.青岛仰口榴辉岩中粒间柯石英的发现及其意义.科学通报,1996,41(15);1407~1408
- 9 Xu S, Okay A I, Tang Y Q, et al. Diamond from the Dabie Shan metamorphic rocks and its implication for tectoric setting. Science, 1992, 256,80~82
- 10 从柏林,王清晨. 大别山-苏鲁超高压变质带研究的新进展 科学通报, 1999, 44(11):1127~1141
- 11 王中朝,于学元,赵振华,等 稀土元素地球化学,北京:科学出版社, 1989.
- 12 Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. Dev. Geochem., 1984, 2:63~114
- 13 张泽明. 大别山榴辉岩带的岩石学研究. 见:岩石学论文集. 武汉:中国地质大学出版社. 1992, 197~205
- 14 张 勇,江利来,刘貽灿. 大别山超高压榴辉岩带榴辉岩特征和变质作用. 岩石学报, 1991, (3):1~13
- 15 Shatsky V S, et al. Behaviour of rare-earth elements during high-pressure metamorphism. Lithos, 1990, 25:219~226
- 16 Cotkin S T. Igneous and metamorphic petrology of the eclogitic seljeneset meta-anorthosite and related jotuuites, western Gneiss Region, Norway. Lithos, 1997, 40:1~30
- 17 Allegre C J, Minster J F. Quantitative models of trace element behaviour in magmatic processes. Earth Planet Sci. Lett., 1978, 38:1~ 25
- 18 王式洸,谭绪荣,赵云龙.苏北榴辉岩的稀土元素地球化学及其成因讨论.地质论评, 1995, 41(5):401
- 19 刘国惠,丛日祥,徐惠芳,等.华中榴辉岩域的岩浆型榴辉岩及其形成机制.地质论评,1997,43(4):356~364
- 20 李曙光. 大别山南麓含柯石英榴辉岩的 Sm-Nd 同位素年龄. 科学通报, 1992, 18(4):297~300
- 21 高天山, 汤加富, 荆延仁, 等, 大别山区榴辉岩带特征与形成一折返机制探讨, 安徽地质, 1995, 5(3):70~78
- 22 郑永飞,傅斌,肖益林,等。大别山榴辉岩氢氧同位素组成及其地球动力学意义。中国科学(D), 1997, 27(2):121~126

REE GEOCHEMISTRY OF ECLOGITES FROM THE ULTRA-HIGH PRESSURE METAMORPHIC BELT IN CENTRAL CHINA

Huang Zhilong Liu Congqiang Xiao Huayun Xu Cheng

(Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

Abstract: Based on their REE contents and REE patterns, eclogites from the ultra-high pressure metamorphic belt in central China may be roughly divided into six types including LREE-rich, LREE-rich + positive Eu anomaly, LREE-rich, LREE-rich + negative Eu anomaly, REE pattern-smooth, MREE-rich and HREE-rich. The LREE-rich, LREE-rich + positive Eu anomaly and LREE-rich + negative Eu anomaly types of eclogites are dominant. REE types of eclogites in different areas can be compared and the REE features of the same REE type of eclogites in different areas are similar. The results of reconstruction of the primary rocks show that the primary rocks of eclogites possibly are dominated by continental tholeites which are the product of partial melting of relatively fertile mantle and the rocks of the LREE-rich, LREE-rich + positive Eu anomaly types of eclogites and among these of the REE pattern smooth and MREE-rich + negative Eu anomaly types of eclogites and among those of the REE pattern smooth and MREE-rich types of eclogites, the former three types were derived from continental settings and the latter two from nearly oceanic settings. Meanwhile, it is concluded that the mantle sources of primary rocks of the eclogites are inhomogeneous and the primary rocks of eclogites in this area appear to have undergone varying degree of crustal contamination.

Key words: ultra-high metamorphic belt; eclogite; REE geochemistry; central China